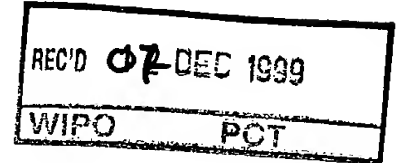


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND ^{EU}

09/856108

**Bescheinigung**

EP99/8206

Die Deutsche Telekom AG in Bonn/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Elektrooptischer Lichtmodulator"

am 17. November 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol G 02 F 1/1347 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 1. September 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

nzeichen: 198 52 890.6

Dzierzon

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Elektrooptischer Lichtmodulator

Die Erfindung betrifft einen elektrisch ansteuerbaren Lichtmodulator mit hintereinander angeordneten Flüssigkristallschichten, die zwischen transparenten Platten mit einer die Moleküle der Flüssigkristalle ausrichtenden Oberflächenanisotropie und mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes in den Flüssigkristallen eingeschlossen sind.

Derartige Modulatoren werden zur Phasenkorrektur von Licht in vielerlei optischen Einrichtungen benötigt. Insbesondere im Bereich der adaptiven Optiken werden in zunehmenden Maße Möglichkeiten gesucht, lokale Unschärfen in dem Objektbild eines Fernrohres oder einer Kamera, welche beispielsweise durch atmosphärische Effekte oder Wärmespannungen im Gerät entstehen, korrigieren zu können. Gerade in Verbindung mit schneller digitaler Bildverarbeitungstechnik ergeben sich Möglichkeiten, ein derart verzerrtes Bild noch während des Betrachtens zu korrigieren, indem das Bild von einem elektronisch ansteuerbaren Raster von optisch wirksamen Elementen korrigiert wird, welches in den Strahlengang des Objektbildes eingefügt ist. Damit lassen sich Aufnahme- und Beobachtungsgeräte denken, die auch bei starken Störungen ein scharfes Bild liefern.

Flüssigkristalle können aufgrund ihrer elektrooptischen Eigenschaften zur Steuerung der Phase einer durch sie hindurchtretenden Lichtwelle verwendet werden, indem der Brechungsindex einer Schicht aus Flüssigkristallen mittels eines elektrischen Feldes beeinflußt wird. Die wesentlichen elektrooptischen Effekte in Flüssigkristallen ändern sowohl die Doppelbrechung als auch die Orientierung der Indikatrix der Brechungsindizes des Flüssigkristalls. Für die meisten Anwendungen ist dies unerwünscht, denn neben der Phasenverschiebung ergibt sich aufgrund des anisotropen Charakters der Flüssigkristalle beim Durchtritt durch den Flüssigkristall auch eine Änderung der Polarisierung. Deswegen kann mit derartigen Flüssigkristallen nur polarisiertes Licht behandelt werden. Wellenfrontänderungen durch Phasenverzögerung sollen aber für die oben genannten Anwendungen polarisationsunabhängig möglich sein.

Bei der Verwendung nematischer Flüssigkristalle ist es möglich, die Phase eines Lichtstrahls zu verändern, ohne daß die Polarisierung des Lichts beeinflußt wird. Jedoch ist es auch hier notwendig, daß das Licht parallel zum Direktor der orientierten Flüssigkristallmoleküle linear polarisiert ist. Ferner ist die Reaktionsgeschwindigkeit derartiger Zellen zu gering für die Verwendung in bildverarbeitenden Einrichtungen.

Ferroelektrische Flüssigkristalle (FLC) können in einer hinreichend kurzen Operationszeit angesteuert werden. Die Anwendungsmöglichkeiten gewöhnlicher ferroelektrischer Flüssigkristalle sind aber wegen der geringen erreichbaren Phasenänderungen sehr eingeschränkt. Bei Zellendicken von 10 μm erreicht man gerade eine Phasenverschiebung von etwa $1/10$ der Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Es ist aber eine Phasenverschiebung von einer ganzen Wellenlänge oder mehr anzustreben, um damit alle notwendigen Phasenkorrekturen durchführen zu können.

...

In EP 0 309 774 wird eine Flüssigkristallzelle beschrieben, die den bei FLC auftretenden DHF-Effekt (Deformation der Helixstruktur im elektrischen Feld) zur kontinuierlichen Phasensteuerung und Graustufendarstellung benutzt. Die optische Phasensteuerung beruht auf einer starken Änderung des mittleren Brechungsindex des Flüssigkristalls durch ein angelegtes elektrisches Feld. Die Änderung der Doppelbrechung der deformierten Helixstruktur kann $d(n) = 5\%$ erreichen, die mittlere Brechungsanisotropie $\langle dn \rangle = 15\%$. Aufgrund der optischen Eigenschaften der helikalen Struktur des dort verwendeten chiralen smektischen Flüssigkristalls im elektrischen Feld ist die Änderung der Doppelbrechung mit starken Orientierungsänderungen der mittleren optischen Indikatrix verknüpft. Das bedeutet, daß sich das Licht nach dem Durchlaufen des Flüssigkristalls in einem Polarisationszustand befindet, der stark vom Polarisationszustand im Eingang abhängt. Diese Abhängigkeit verbietet die Verwendung der beschriebenen Zelle für die geforderten Zwecke.

In Love, Restaino, Carreras, Loos, Morrison, Baur and Kopp: "Polarization Insensitive 127-Segment Liquid Crystal Wavefront Corrector", Adaptive Optics, Vol. 13, pp. 228-290, Optical Society of America, Washington D.C., 1996 wird ein elektrooptisch arbeitender Modulator zur Phasensteuerung von unpolarisiertem Licht vorgestellt, der zwei hintereinanderliegende Flüssigkristallschichten vom nematischen Typ enthält. In der angeführten Arbeit werden zwei nematische Schichten so angeordnet, daß die Direktoren der Flüssigkristalle im feldfreien Zustand senkrecht aufeinander stehen. Die Zelle ist aber, wie oben schon erwähnt wurde, viel zu langsam für den angestrebten Verwendungszweck.

...

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen elektrisch ansteuerbaren Lichtmodulator anzugeben, der eine Schaltzeit in der Größenordnung von 10^{-4} Sekunden oder darunter bei einer maximalen Phasenverschiebung von über 2π aufweist, der die Phase eines beliebig polarisierten Lichtstrahls stufenlos verändern kann, ohne dessen Polarisationszustand zu ändern, und der zur Erstellung ortsauflösender adaptiver optischer Einrichtungen geeignet, das heißt klein, leicht und verlustarm ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß wenigstens zwei Schichten helikaler smektischer ferroelektrischer Flüssigkristalle, deren jeweils schnelle und langsame optische Achse parallel zu der jeweiligen Schicht liegen und deren mittlere optische Anisotropie durch Einwirkung des elektrischen Feldes beeinflussbar ist, hintereinander im Strahlengang eines zu modulierenden Lichtstrahls angeordnet sind und daß die Richtungen der schnellen bzw. langsamen Achsen der einzelnen Schichten gegeneinander derart verdreht sind, daß die Polarisation des Lichtstrahls vor und hinter dem Modulator gleich ist.

Die "langsame" Achse entspricht dabei derjenigen Richtung, in welcher der Brechungsindex am größten ist. Die "schnelle" Achse ist diejenige Richtung, in welcher der Brechungsindex am kleinsten ist. Das heißt, daß die Phase eines in der langsamen Richtung polarisierten Lichtstrahls stark verzögert wird und die Phase eines in der schnellen Richtung polarisierten Lichtstrahls weniger stark. Durch die Anisotropie der Brechungsindizes kommt es damit bei beliebig polarisiertem Licht zu einer Änderung des Polarisationszustandes beim Durchlaufen der Flüssigkristallschichten. Die Verdrehung der einzelnen Schichten zueinander ist gerade so bemessen, daß die angesprochene Änderung des Polarisationszustandes in den folgenden Schichten wieder rückgängig gemacht wird.

...

Im einfachsten Fall wird der Lichtmodulator so ausgestaltet, daß zwei Flüssigkristallschichten derart hintereinander angeordnet sind, daß die langsame optische Achse der ersten Schicht senkrecht auf der langsamen optischen Achse der zweiten Schicht steht, daß die schnelle optische Achse der ersten Schicht senkrecht auf der schnellen optischen Achse der zweiten Schicht steht und daß die Ausrichtung der langsamen und der schnellen optischen Achsen der beiden Schichten zueinander während des Anlegens und Veränderns der Steuerspannung jederzeit erhalten bleibt.

Durch die Kreuzung der schnellen und langsamen Achsen der beiden Schichten im rechten Winkel werden die Doppelbrechungsänderungen und die Orientierungsänderungen der Indikatrixellipsoide der Brechungsindizes gerade kompensiert.

Es kann zur Reduzierung des Bauvolumens vorgesehen sein, daß die Flüssigkristallschichten zwischen zwei transparenten Platten eingeschlossen sind, an deren Elektroden eine Steuerspannung zur Erzeugung eines elektrischen Feldes anlegbar ist.

Um dagegen den Bauaufwand für den Lichtmodulator zu reduzieren und die Massenfertigung zu erleichtern, kann alternativ vorgesehen sein, daß die Flüssigkristallschichten jeweils zwischen zwei transparenten Platten eingeschlossen sind, an deren Elektroden je eine Steuerspannung zur Erzeugung je eines elektrisches Feldes anlegbar ist.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Lichtmodulators wird die benötigte Anzahl der so gefertigten Einzelzellen hintereinander angeordnet.

...

Bei der Verwendung gleicher Schichtdicken und Materialien für die Schichten ist vorgesehen, daß die Flüssigkristallschichten die gleichen mittleren Brechungsindizes aufweisen, die gleiche Dicke haben und synchron mit den gleichen Steuerspannungen beaufschlagbar sind.

Bei der Verwendung unterschiedlicher Schichtdicken oder unterschiedlicher Materialien für die einzelnen Schichten ist dagegen vorgesehen, daß das Verhältnis der Steuerspannungen zueinander zur Kompensation der Polarisationsänderungen eines durchtretenden Lichtstrahls einstellbar ist. Dadurch läßt sich eine Überkreuzung der Hauptbrechungsrichtungen auch bei unsymmetrisch aufgebauten Zellen erreichen.

Die Fertigung von Flüssigkristallzellen ist sehr aufwendig; große Stückzahlen entsprechen nicht den Anforderungen an die Genauigkeit und müssen daher aussortiert und dem Produktionsprozeß erneut zugeführt werden. Zur Vereinfachung und Verbilligung der Produktion ist vorgesehen, daß die Steuerspannungen für die einzelnen Flüssigkristallschichten zur Kompensation von Fertigungstoleranzen abgleichbar sind.

Der erfindungsgemäße Lichtmodulator arbeitet mit einer smektischen Flüssigkristallmischung FLC-472/FLC-247 besonders gut im Bereich des sichtbaren Lichts, welche aus 60 gew% Phenyl-Pyrimidin und 40 gew% einer achiralen smektischen A- oder C-Matrix mit einer chiralen Dotierung auf der Basis von di-substituiertem Ether von Bis-Terphenyl-Di-Carboxilsäure besteht. Diese Dotierung induziert eine spontane Polarisation von etwa 160 nC/cm² in der Matrix mit einer Helixstruktur der Windungsperiode von etwa 0,3 µm in der chiralen smektischen Phase. Bereits eine Arbeitsspannung von 0 V bis 4 V verursacht einen smektischen Ablenkungswinkel von 0° bis ±22,5° bei einer Ansprechzeit

...

von 150 μs . Die Modulationstiefe zwischen zwei gekreuzten Schichten beträgt damit bis zu 100%. Die Änderung des mittleren Brechungsindex beträgt bei der oben genannten Arbeitsspannung bereits bis zu 5%. Um eine Phasendifferenz von der Größenordnung der Wellenlänge des zu steuernden Lichts zu erhalten, genügt eine summierte Schichtdicke von 10 μm . Diese Schichtdicke ist die Summe der Dicken der Einzelschichten.

Bei der Verwendung von Kameras oder Fernrohren zur Beobachtung von Objekten innerhalb der Erdatmosphäre oder durch diese hindurch treten lokale Unschärfen in dem Objektbild auf, welche auf atmosphärische Störungen zurückzuführen sind. Zur Korrektur dieser lokalen Unschärfen wird eine adaptive optische Einrichtung vorgeschlagen, welche ein Feld von rasterartig angeordneten Lichtmodulatoren des durch die Erfindung offenbarten Typs enthält. Das Feld ist in dem Strahlengang der Einrichtung angeordnet, wobei jeder einzelne Lichtmodulator zur Kompensation punktuell auftretender Unschärfen eines zu verarbeitenden Bildes ansteuerbar ist.

Dabei kann zur Reduzierung des Bauaufwandes vorgesehen sein, daß die Lichtmodulatoren auf einer gemeinsamen Trägerschicht aufgebracht sind.

Die Einrichtung wird in den Strahlengang des betreffenden Beobachtungsgerätes, beispielsweise einer Kamera oder eines Fernrohres, eingesetzt. Das von dem Beobachtungsgerät aufgenommene Objektbild wird einer Bildauswerteeinrichtung zugeführt, welche die Unschärfen in dem Bild ermittelt und das Modulatorfeld zu deren Kompensation entsprechend ansteuert.

...

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Lichtmodulators ist in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 die Anordnung der Flüssigkristallzellen für den Modulator und

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der Brechungsindexindikatrices für verschiedene Betriebszustände.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt die beiden hintereinander im Strahlengang eines zu modulierenden Lichtstrahls 10 angeordneten Flüssigkristallschichten 6 und 8. Die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtstrahls 10 und des ausfallenden Lichtstrahls 11 wird durch jeweils einen Doppelpfeil markiert. Im Beispiel ist die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtstrahls 10 um den Winkel α gegenüber der Senkrechten geneigt.

Die erste Flüssigkristallschicht 6 ist zwischen zwei transparenten Elektroden 1 und 2 angeordnet, die auf zwei transparente Platten 1' und 2' aufgebracht sind. Die smektischen Schichten 12 bilden Versetzungsdomänen, entlang derer sich die Moleküle des Flüssigkristalls anordnen. Die Moleküle des Flüssigkristalls sind von Schicht zu Schicht um einen Winkel verdreht, so daß sich die Struktur einer Helix ergibt, deren Achse 7 in Richtung der Normalen z' zu den smektischen Schichten 12 verläuft. Die zweite Flüssigkristallschicht 8 ist zwischen den transparenten Elektroden 3 und 4 angeordnet, die wiederum auf den transparenten Platten 3' und 4' aufgebracht sind. Die Normalenrichtung z'' der smektischen Schichten 13 der

...

zweiten Flüssigkristallschicht 8 und die Achse der Helix 9 sind um 90° gegenüber der Normalenrichtung z' und der Helixachse 7 der ersten Schicht 6 verdreht.

Zwei in dieser Weise gekreuzte Flüssigkristallschichten 6 und 8 verändern den Polarisationszustand eines durchgehenden Lichtstrahls 10 nicht. Die reine Phasenmodulation der beiden Flüssigkristallschichten wird durch den feldabhängigen mittleren Brechungsindex verursacht. Die Doppelbrechung und Orientierungseffekte der Indikatrix in den durch Anlegen einer Spannung an die Anschlüsse 5 erzeugten elektrischen Feldern werden bei allen Feldstärken kompensiert.

Fig. 2 zeigt die Auswirkungen eines elektrischen Feldes E verschiedener Stärke $0, E', E''$ auf die Brechungsindizes n_s und n_p der Flüssigkristallschichten 6 und 8. Die x - und z -Achse des dargestellten Koordinatensystems liegen parallel zu der Ebene der Flüssigkristallschichten. Die z -Achse liegt zudem parallel zu der Normalenrichtung z' des ersten Flüssigkristalls 6. Die y -Achse zeigt in die Ausbreitungsrichtung des einfallenden Lichtstrahls 10. In Abbildung a) liegt keine Spannung an. Die langsame Achse mit dem Brechungsindex n_p der ersten Flüssigkristallschicht zeigt in Richtung der z -Achse, während die langsame Achse mit dem Brechungsindex n_p der zweiten Flüssigkristallschicht senkrecht zur z -Achse orientiert ist. Der Polarisationszustand des einfallenden Lichts bleibt beim Durchgang durch beide Schichten 6 und 8 erhalten.

In Abbildung b) wird eine kleine Spannung angelegt, die unterhalb derjenigen Spannung liegt, bei der die Helixstruktur verschwindet. Die langsamen optischen Achsen mit den Brechungsindizes n_p' sowie die schnellen Achsen mit den Brechungsindizes n_s' der beiden Schichten 6 und 8 reorientieren sich und werden um den Winkel α verdreht. Die rechten Winkel zwischen den Achsen bleiben erhalten. Der

...

Brechungsindex n_p' steigt in den langsamen Achsen mit zunehmender Feldstärke E' an, während der Brechungsindex n_s' in den schnellen Achsen abnimmt. Der optische Weg des durchgehenden Lichts wird mit der Feldstärke E' verändert und folglich verschiebt sich dessen Phase. Die größte optische Wegänderung findet bei einer Spannung statt, die kurz unterhalb derjenigen Spannung liegt, bei der die Helixstruktur des Flüssigkristalls verschwindet. Dieser Zustand ist in Abbildung c) dargestellt. In den nun nicht mehr aufgewundenen Flüssigkristallen ist das Indexellipsoid der Brechungsindizes durch die molekularen Brechungsindizes n_p'' und n_s'' charakterisiert. Die langsamen Achsen mit den Brechungsindizes n_p'' sind in den beiden Schichten 6 und 8 um den molekularen Neigungswinkel T gekippt, was dem Winkel zwischen den smektischen Schichten 12 und 13 und den Helixachsen 7 und 9 entspricht. Auch in diesem Fall bleiben die Achsen unter einem rechten Winkel gekreuzt. Die Phasenverzögerung ist also über den gesamten Betriebsbereich unabhängig von der Polarisierung des Lichts. Somit ist auch die Steuerung unpolarisierten Lichts möglich.

Ansprüche

1. Elektrisch ansteuerbarer Lichtmodulator mit hintereinander angeordneten Flüssigkristallschichten, die zwischen transparenten Platten mit einer die Moleküle der Flüssigkristalle ausrichtenden Oberflächenanisotropie und mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes in den Flüssigkristallen eingeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Schichten (6, 8) helikaler smektischer ferroelektrischer Flüssigkristalle, deren jeweils schnelle und langsame optische Achse parallel zu der jeweiligen Schicht (6, 8) liegen und deren mittlere optische Anisotropie durch Einwirkung des elektrischen Feldes (E) beeinflusbar ist, hintereinander im Strahlengang eines zu modulierenden Lichtstrahles (10) angeordnet sind und daß die Richtungen der schnellen bzw. langsamen Achsen der einzelnen Schichten (6, 8) gegeneinander derart verdreht sind, daß die Polarisierung des Lichtstrahls vor (10) und hinter (11) dem Modulator gleich ist.

2. Lichtmodulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Flüssigkristallschichten (6, 8) derart hintereinander angeordnet sind, daß die langsame optische Achse der ersten Schicht (6) senkrecht auf der langsamen optischen Achse der zweiten Schicht (8) steht, daß die schnelle optische Achse der ersten Schicht (6) senkrecht auf der schnellen optischen Achse der zweiten Schicht (8) steht und daß die Ausrichtung der langsamen und der schnellen optischen Achsen der beiden Schichten (6, 8) zueinander während des Anlegens und Veränderns der Steuerspannung jederzeit erhalten bleibt.

...

3. Lichtmodulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschichten zwischen zwei transparenten Platten eingeschlossen sind, an deren Elektroden eine Steuerspannung zur Erzeugung eines elektrischen Feldes anlegbar ist.

4. Lichtmodulator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschichten (6, 8) jeweils zwischen zwei transparenten Platten (1' und 2', 3' und 4') eingeschlossen sind, an deren Elektroden (1 und 2, 3 und 4) je eine Steuerspannung zur Erzeugung je eines elektrisches Feldes (E) anlegbar ist.

5. Lichtmodulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschichten (6, 8) die gleichen mittleren Brechungsindizes aufweisen, die gleiche Dicke haben und synchron mit den gleichen Steuerspannungen beaufschlagbar sind.

6. Lichtmodulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Steuerspannungen zueinander zur Kompensation der Polarisationsänderungen eines durchtretenden Lichtstrahles einstellbar ist.

7. Lichtmodulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerspannungen für die einzelnen Flüssigkristallschichten zur Kompensation von Fertigungstoleranzen abgleichbar sind.

8. Lichtmodulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschichten aus einer smektischen Flüssigkristallmischung FLC-472/FLC-247 bestehen.

...

9. Lichtmodulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallmischung aus 60 gew% Phenyl-Pyrimidin und 40 gew% einer achiralen smektischen A-Matrix mit einer chiralen Dotierung auf der Basis von di-substituiertem Ether von Bis-Terphenyl-Di-Carboxilsäure besteht.

10. Lichtmodulator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallmischung aus 60 gew% Phenyl-Pyrimidin und 40 gew% einer achiralen smektischen C-Matrix mit einer chiralen Dotierung auf der Basis von di-substituiertem Ether von Bis-Terphenyl-Di-Carboxilsäure besteht.

11. Adaptive optische Einrichtung, gekennzeichnet durch ein Feld von rasterartig angeordneten Lichtmodulatoren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches in dem Strahlengang der Einrichtung angeordnet ist, wobei jeder einzelne Lichtmodulator zur Kompensation punktuell auftretender Unschärfen eines zu verarbeitenden Bildes ansteuerbar ist.

12. Adaptive optische Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtmodulatoren auf einer gemeinsamen Trägerschicht aufgebracht sind.

13. Adaptive optische Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, gekennzeichnet durch die Anordnung vor dem Bildsensor einer Digitalkamera, wobei das von der Kamera aufgenommene Bild einer Bildauswerteeinrichtung zur Ermittlung punktueller Unschärfen des Bildes zuführbar ist und wobei die adaptive optische Einrichtung von der Bildauswerteeinrichtung zum Ausgleich der Unschärfen ansteuerbar ist.

14. Adaptive optische Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, gekennzeichnet durch die Anordnung in einer optischen Beobachtungseinrichtung, wobei das zu beobachtende Bild parallel einer Bildauswerteeinrichtung zur Ermittlung punktueller Unschärfen des Bildes zuführbar ist und wobei die adaptive optische Einrichtung von der Bildauswerteeinrichtung zum Ausgleich der Unschärfen ansteuerbar ist.

15. Adaptive optische Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, gekennzeichnet durch die Anordnung in einer Kamera, wobei das zu beobachtende Bild einer Bildauswerteeinrichtung zur Ermittlung punktueller Unschärfen des Bildes zuführbar ist und wobei die adaptive optische Einrichtung von der Bildauswerteeinrichtung zum Ausgleich der Unschärfen ansteuerbar ist.

Zusammenfassung

Bei einem elektrisch ansteuerbaren Lichtmodulator mit hintereinander angeordneten Flüssigkristallschichten, die zwischen transparenten Platten mit einer die Moleküle der Flüssigkristalle ausrichtenden Oberflächenanisotropie und mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes in den Flüssigkristallen eingeschlossen sind, sind wenigstens zwei Schichten helikaler smektischer ferroelektrischer Flüssigkristalle hintereinander im Strahlengang eines zu modulierenden Lichtstrahles angeordnet. Die Richtungen der schnellen bzw. langsamen Achsen der einzelnen Schichten sind gegeneinander derart verdreht, daß die Polarisierung des Lichtstrahls vor und hinter dem Modulator gleich ist. Es wird eine adaptive optische Einrichtung angegeben, welche ein Feld von rasterartig angeordneten Lichtmodulatoren aufweist. Die Modulatoren sind in dem Strahlengang der Einrichtung angeordnet, wobei jeder einzelne Lichtmodulator zur Kompensation punktuell auftretender Unschärfen eines zu verarbeitenden Bildes ansteuerbar ist.

1/1

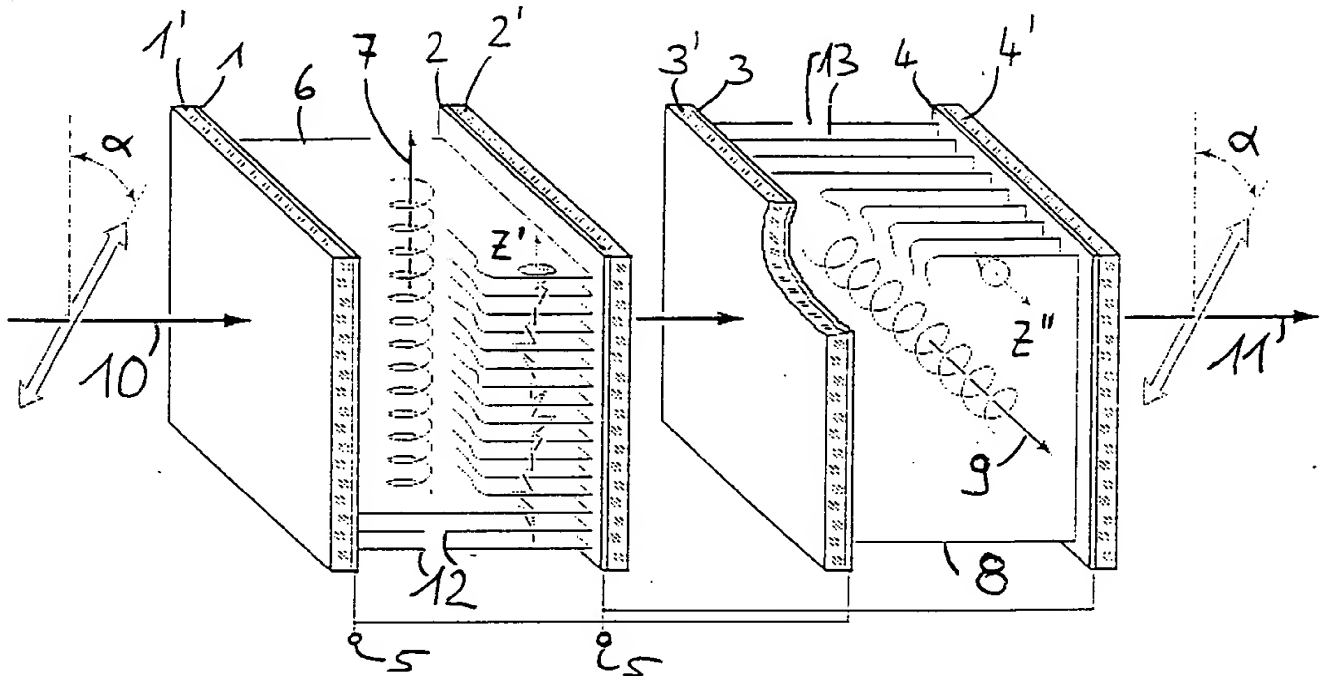


Fig. 1

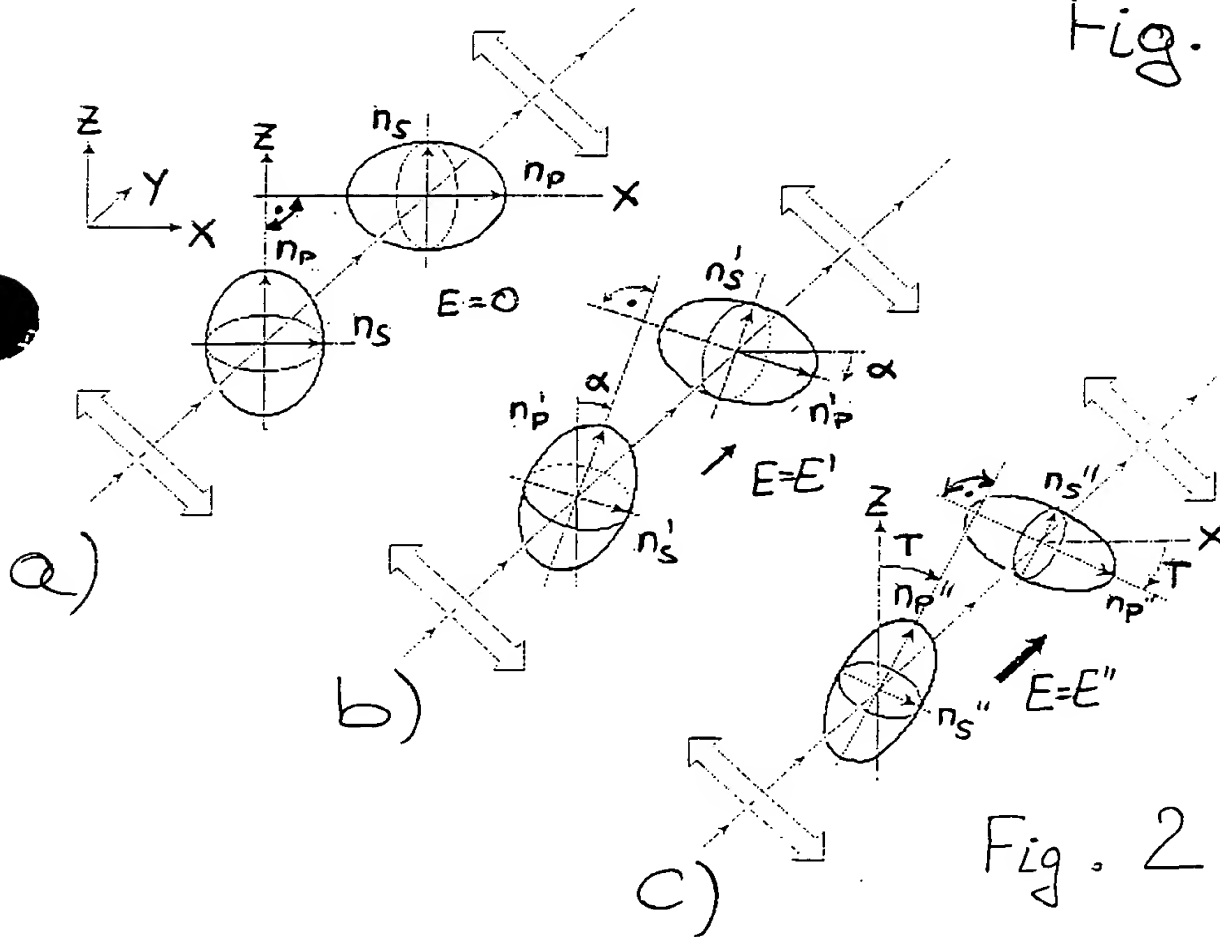


Fig. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)